

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

JP 405188323 A
JUL 1993**(54) OPTICAL ISOLATOR**

(11) 5-188323 (A) (43) 30.7.1993 (19) JP

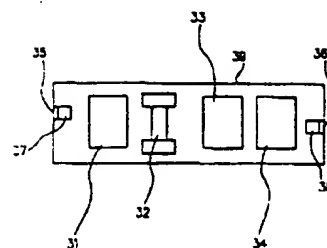
(21) Appl. No. 4-4131 (22) 13.1.1992

(71) NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT> (72) SHIGEKI AIZAWA(1)

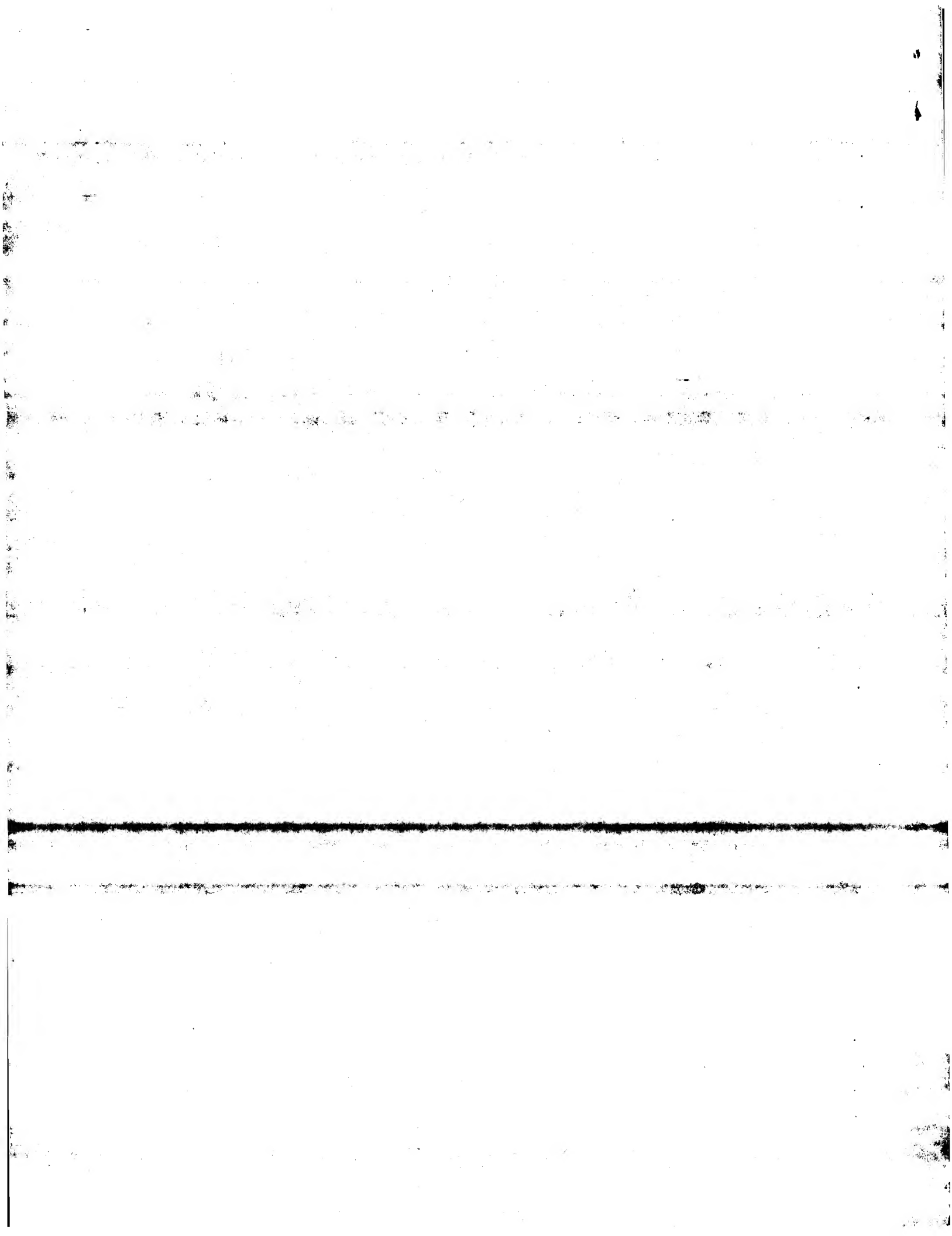
(51) Int. Cl. G02B27/28

PURPOSE: To provide the optical isolator capable of simplifying a bidirectional communication system constitution using the light of two wavelengths λ_1 , λ_2 .

CONSTITUTION: Light of wavelength λ_1 is subjected to polarizing rotation of $(2m+1)$ holds of 45 degree by a Faraday rotor 32. On the other hand, light of wavelength λ_2 is subjected to polarizing rotation of $(2m+3)$ holds of 45 degrees by the Faraday rotor 32. In such a way, in the case of being made incident in the forward direction, only the light of wavelength λ_1 transmits through, and the light of wavelength λ_2 cannot transmits through. On the other hand, in the case of being made incident from the reverse direction, the light of wavelength λ_2 can transmit through, but the light of wavelength λ_1 cannot transmit through.



31: first double refraction crystalline plate, 33: second double refraction crystalline plate, 34: third double refraction crystalline plate, 35: first light input part, 36: second light input part, 37: first lens, 38: second lens, 39: case



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-188323

(43) 公開日 平成5年(1993)7月30日

(51) Int.Cl.⁵

G 0 2 B 27/28

識別記号

庁内整理番号

A 9120-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2(全7頁)

(21) 出願番号 特願平4-4131

(22) 出願日 平成4年(1992)1月13日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 相澤 茂樹

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 松本 隆男

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

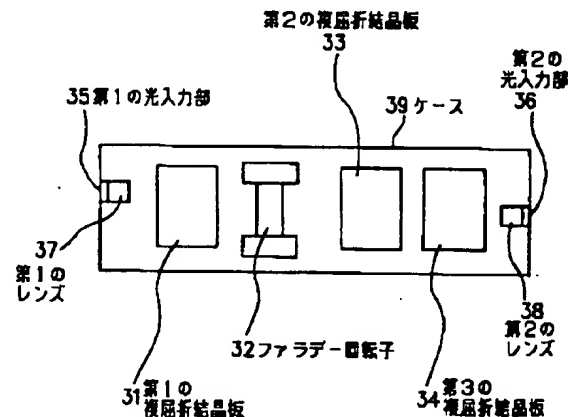
(74) 代理人 弁理士 吉田 精孝

(54) 【発明の名称】 光アイソレータ

(57) 【要約】

【目的】 2つの波長 λ_1 , λ_2 の光を使った双方向通信システム構成を簡単にすることができる光アイソレータを提供する。

【構成】 波長 λ_1 の光はファラデー回転子32により45度の $(2m+1)$ 倍の偏光回転を受ける。また、波長 λ_2 の光はファラデー回転子32により45度 $(2m+3)$ 倍の偏光回転を受ける。これにより、順方向に入射した場合には、波長 λ_1 の光のみ透過し、波長 λ_2 の光は透過することはできない。一方逆方向から入射した場合には、波長 λ_2 の光は透過できるが、波長 λ_1 の光は透過できない。



【特許請求の範囲】

【請求項1】直交する2つの偏光を分離合成可能な第1の複屈折結晶板と、直交する2つの偏光を分離可能な第2の複屈折結晶板と、直交する2つの偏光を分離合成可能な第3の複屈折結晶板と、前記第1の複屈折結晶板と第2の複屈折結晶板の間に配した非相反性のファラデー回転子とを備え、

前記ファラデー回転子は、入射する光の波長 λ_1 、 λ_2 に対して、その偏光回転角がそれぞれ45度の $(2m+1)$ 倍、 $(2m+3)$ 倍（ただし、 m は整数）となるように設定し、

前記第2の複屈折結晶板の厚みを前記第1の複屈折結晶板の厚みの $1/\sqrt{2}$ 倍に設定し、

前記第3の複屈折結晶板の厚みを前記第1の複屈折結晶板の厚みの $1/\sqrt{2}$ 倍に設定し、

前記第2の複屈折結晶板の光学軸は前記第1の複屈折結晶板の光学軸に対してファラデー回転子の回転方向と逆方向に45度（ m は偶数）あるいは135度（ m は奇数）回転しており、

前記第3の複屈折結晶板の光学軸は前記第2の複屈折結晶板に対してファラデー回転子による偏光回転方向と逆方向に90度回転していることを特徴とする光アイソレータ。

【請求項2】直交する2つの偏光を分離合成可能な第1の複屈折結晶板と、直交する2つの偏光を分離可能な第2の複屈折結晶板と、直交する2つの偏光を分離合成可能な第3の複屈折結晶板と、前記第1の複屈折結晶板と第2の複屈折結晶板の間に配した非相反性の第1のファラデー回転子と、前記第2の複屈折結晶板と前記第3の複屈折結晶板の間に配した非相反性の第2のファラデー

回転子とを備え、
前記各ファラデー回転子は、入射する光の波長 λ_1 、 λ_2 に対して、その偏光回転角がそれぞれ45度の $(2m+1)$ 倍、 $(2m+3)$ 倍（ただし、 m は整数）となるように設定し、

前記第2の複屈折結晶板の厚みを前記第1の複屈折結晶板の厚みの $\sqrt{2}$ 倍に設定し、

前記第3の複屈折結晶板の厚みを前記第1の複屈折結晶板の厚みと同じになるように設定し、

前記第2の複屈折結晶板の光学軸は前記第1の複屈折結晶板の光学軸に対してファラデー回転子の回転方向と逆方向に45度（ m は偶数）あるいは135度（ m は奇数）回転しており、

前記第3の複屈折結晶板の光学軸は前記第1の複屈折結晶板に対してファラデー回転子による偏光回転方向と同方向に90度（ m は偶数）あるいは270度（ m が奇数）回転していることを特徴とする光アイソレータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は光アイソレータに関する

ものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、半導体レーザを光源として用いる光通信、書き込み可能なビデオディスク等では光ファイバ、レンズ系、コネクタ類の端面からの反射光を防止する装置として光アイソレータを用いていた。

【0003】図2は従来の光アイソレータの一例を示すもので、図中1、2は複屈折結晶素子、3は半波長板、4はファラデー回転子（磁気光学結晶）、5は永久磁石、6はケース、7は光入力部、8は光出力部である。

【0004】この光アイソレータにおける光の伝搬の様子を図3に従って説明する。図3の（a）は光が順方向に入射した場合の偏光の様子を示すものである。この場合、光入力部7から入力した入力光10は、複屈折結晶素子1を通過後、屈折しない偏光成分である常光成分11aおよび屈折する偏光成分である異常光成分11bの2つの直交した偏光に分離される。この2つの光成分11a、11bは、半波長板3を通過し、これによってその偏光方向がそれぞれ45度回転され（12a、12b）、さらに永久磁石5（ここでは図示せず）により矢印方向の磁場Aが加えられたファラデー回転子4を通過し、これによってその偏光方向が45度回転される（13a、13b）。従って、ファラデー回転子4から出力される光13a、13bは入力光10に対して偏光方向が90度ずれている。複屈折結晶素子2は、その結晶軸が複屈折結晶素子1に対して90度ずらして配置されており、前記光13a及び13bはそれぞれ複屈折結晶素子2に対して異常光成分および常光成分となるため、合成されて、出力光14として出力される。この出力光14は入力光10に対して偏光方向が90度回転している。

【0005】図3の（b）は光が逆方向に入射した場合を示すものである。この場合、入力光20は複屈折結晶素子2を通過後、常光成分21a及び21bの2つの直交した直線偏光に分離される。この2つの光成分21a、21bはファラデー回転子4を通過し、これによってその偏光方向がそれぞれ45度回転され（22a、22b）、さらに半波長板3を通過し、これによってその偏光方向が45度回転される（23a、23b）。ここで、ファラデー回転子4による偏光方向の回転方向は、ファラデー回転子4のもつ非相反性のため、光の入射方向によらず磁場Aの方向によってのみ決まり、この場合、ファラデー回転子4による回転方向と半波長板3による回転方向とは逆になる。従って、半波長板3から出力される光23a、23bは、複屈折結晶素子2から出力される光21a、21bに対して偏光方向が回転しない。前記光23a及び23bはそれぞれ複屈折結晶素子1に対して常光成分および異常光成分となるため、該光23aは直進し（24a）、また光23bは順方向の入射時と逆の方向に位置が変えられる（24b）。この出

光24a、24bは順方向の入射した時の位置25と異なる位置にそれぞれ出力される。

【0006】従って、図2における光入力部7をピンホール状にすれば、逆方向の入力光、即ち、反射光を遮断することができる。このようにして光アイソレータは順方向にしか光を通さず、入射する光の偏光に依存しない。

【0007】図4は前記光アイソレータにおける光の進路を示すもので、同図の(a)は順方向に光が入射した場合、同図の(b)は逆方向に光が入射した場合のものをそれぞれ示している。図中●(黒丸)は異常光成分、| (縦線)は常光成分をそれぞれ示している。

【0008】図4に示すように、光入力部7より入力された光は、偏光方向によらず光出力部8へ出力されているが、光出力部8より入力された光はいずれの偏光方向の光も光入力部7からずれた位置に出力している。この光アイソレータは光完全な遮断ではなく、光のスポット位置の変化を利用しているといえる。

【0009】また、他の従来例として、半波長板3を用いず、複屈折結晶素子2の代わりに2つの複屈折結晶板を組み合わせることにより、偏光方向が90度異なる2つの分離した光を合成するようになったもの(特公昭58-28561号公報参照)もある。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】従来の光アイソレータでは、単一波長、単一方向の光のアイソレーションについてのみ考慮していた。そのため、双方向光通信に使用する場合にシステム構成が大きくなってしまいう問題点があった。

【0011】本発明の目的は、前記従来の問題点を鑑みてなされたもので、一方の入力端から光を入射した場合には、波長 λ_1 の光が透過し、波長 λ_2 の光がアイソレートされ、もう一方の入力端から光を入射した場合には、波長 λ_2 の光が透過し、波長 λ_1 の光がアイソレートされる光アイソレータを提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1では、直交する2つの偏光を分離合成可能な第1の複屈折結晶板と、直交する2つの偏光を分離可能な第2の複屈折結晶板と、直交する2つの偏光を分離合成可能な第3の複屈折結晶板と、前記第1の複屈折結晶板と第2の複屈折結晶板の間に配した非相反性のファラデー回転子とを備え、前記ファラデー回転子は、入射する光の波長 λ_1 、 λ_2 に対して、その偏光回転角がそれぞれ45度の $(2m+1)$ 倍、 $(2m+3)$ 倍(ただし、 m は整数)となるように設定し、前記第2の複屈折結晶板の厚みを前記第1の複屈折結晶板の厚みの $1/\sqrt{2}$ 倍に設定し、前記第3の複屈折結晶板の厚みを前記第1の複屈折結晶板の $1/\sqrt{2}$ 倍に設定し、前記第2の複屈折結晶板の光学軸は前記第1の複屈折結晶板の光学軸

に対してファラデー回転子の回転方向と逆方向に45度(m は偶数)あるいは135度(m は奇数)回転しており、前記第3の複屈折結晶板の光学軸は前記第2の複屈折結晶板に対してファラデー回転子による偏光回転方向と逆方向に90度回転している。

【0013】また、請求項2では、直交する2つの偏光を分離合成可能な第1の複屈折結晶板と、直交する2つの偏光を分離可能な第2の複屈折結晶板と、直交する2つの偏光を分離合成可能な第3の複屈折結晶板と、前記第1の複屈折結晶板と第2の複屈折結晶板の間に配した非相反性の第1のファラデー回転子と、前記第2の複屈折結晶板と前記第3の複屈折結晶板の間に配した非相反性の第2のファラデー回転子とを備え、前記各ファラデー回転子は、入射する光の波長 λ_1 、 λ_2 に対して、その偏光回転角がそれぞれ45度の $(2m+1)$ 倍、 $(2m+3)$ 倍(ただし、 m は整数)となるように設定し、前記第2の複屈折結晶板の厚みを前記第1の複屈折結晶板の厚みの $\sqrt{2}$ 倍に設定し、前記第3の複屈折結晶板の厚みを前記第1の複屈折結晶板の厚みと同じになるように設定し、前記第2の複屈折結晶板の光学軸は前記第1の複屈折結晶板の光学軸に対してファラデー回転子の回転方向と逆方向に45度(m は偶数)あるいは135度(m は奇数)回転しており、前記第3の複屈折結晶板の光学軸は前記第1の複屈折結晶板に対してファラデー回転子による偏光回転方向と同方向に90度(m は偶数)あるいは270度(m は奇数)回転している。

【0014】

【作用】請求項1によれば、順方向においては、第1の複屈折結晶板により2つの波長 λ_1 、 λ_2 の光はそれぞれ常光、異常光に分離され、非相反性のファラデー回転子により偏光が回転され、第2の複屈折結晶板に入力される。ここで、一方の2つの光が異常光として作用するため、この2つの光は位置が変化して出力され、また、他方の2つの光は常光として作用し、そのまま出力される。第2の複屈折結晶板を通過した光は第3の複屈折結晶板に入力される。第3の複屈折結晶板に対して他方の2つの光は異常光となるので、出力する時に位置が変化する。一方の2つの光は常光として作用し、そのまま出力される。第3の複屈折結晶板を通過したところで、波長 λ_1 の光は合成され、出力される。

【0015】また、逆方向においては、第3の複屈折結晶板を通過することにより、2つの波長 λ_1 、 λ_2 の光はそれぞれ常光、異常光に分離される。第2の複屈折結晶板において、一方の2つの光は異常光として作用するため、位置が変化して出力され、また、他方の2つの光は常光として作用し、そのまま出力される。第2の複屈折結晶板を通過した光はファラデー回転子に入力される。ファラデー回転子は光の入射方向によらず、磁場の方向によってのみ偏光回転方向が決まり、それぞれ入力した光の偏光方向が回転され、第1の複屈折結晶板に入

力される。第1の複屈折結晶板において、他方の2つの光は異常光として作用するため、位置が変えられて出力され、また一方の2つの光は常光として作用し、そのまま通過すると共に、波長 λ_2 の光は合成され、出力される。

【0016】このように、一方から光を入力した場合には、波長 λ_1 の光が通過し、波長 λ_2 の光は通過できない。他方から入力した場合には、波長 λ_2 の光が通過し、波長 λ_1 の光は通過できない。

【0017】請求項2によれば、第2のファラデー回転子による偏光回転動作が加わる点の外は請求項1と基本的に同様に作用する。

【0018】

【実施例】本発明の実施例を図1に示す。ここで、31は直交する2つの偏光を分離合成可能な第1の複屈折結晶板、32は非相反性のファラデー回転子、33は直交する2つの偏光を分離合成可能な第2の複屈折結晶板、34は直交する2つの偏光分離合成可能な第3の複屈折結晶板、35は第1の光入力部、36は第2の光入力部、37は第1のレンズ、38は第2のレンズ、39は

ケースである。

【0019】前記ファラデー回転子32は、入射する光の波長 λ_1 、 λ_2 に対して、その偏光回転角がそれぞれ45度の $(2m+1)$ 倍、 $(2m+3)$ 倍（ただし、 m は整数）となるように設定し、前記第2の複屈折結晶板33の厚みを前記第1の複屈折結晶板31の厚みの $1/\sqrt{2}$ 倍に設定し、前記第3の複屈折結晶板34の厚みを前記第1の複屈折結晶板31の厚みの $1/\sqrt{2}$ 倍に設定し、前記第2の複屈折結晶板33の光学軸は前記第1の複屈折結晶板31の光学軸に対してファラデー回転子32の回転方向と逆方向に45度（ m は偶数）あるいは135度（ m は奇数）回転しており、前記第3の複屈折結晶板の光学軸34は前記第2の複屈折結晶板33に対してファラデー回転子32による偏光回転方向と逆方向に90度回転している。

【0020】ここで、図5を用いて光アイソレータとしての動作を説明する。なお、図5中A～Eの符号は動作ポイントを示している。また、説明を簡単にするためにファラデー回転子32により、波長 λ_1 の光は偏光が45度回転され、波長 λ_2 の光は偏光が135度回転されるものとする。図5の(a)は第1の光入力部35より第2の光入力部36へ向かう光を入射した場合の動作（偏光と位置の変化）を示している。第1の光入力部35より入力された2つの波長 λ_1 、 λ_2 の光は第1のレンズ37によりコリメートされる（40、50）。第1のレンズ37を通過した光は第1の複屈折結晶板31を通過し、これにより2つの波長 λ_1 、 λ_2 の光はそれぞれ常光、異常光に分離される（ λ_1 : 41a、41b、 λ_2 : 51a、51b）。第1の複屈折結晶板31を通過した光は非相反性のファラデー回転子32により偏光が回

転される。偏光回転角度はそれぞれ、波長 λ_1 の光に対して45度（42a、42b）、波長 λ_2 の光に対して135度である（52a、52b）。ファラデー回転子32を通過した光は第2の複屈折結晶板33に入力される。ここで、光42aと52bが異常光として作用するため、この2つの光は位置が変化して出力される（43a、53b）。一方、光52aと42bは常光として作用し、そのまま出力される（53a、43b）。第2の複屈折結晶板33を通過した光は第3の複屈折結晶板34に入力される。第3の複屈折結晶板34に対して光43bおよび光53aは異常光となるので、出力する時に位置が変化する（44b、54a）。一方光43aおよび53bは常光として作用し、そのまま出力される（44a、54b）。第3の複屈折結晶板34を通過したところで、波長 λ_1 の光44a、44bは合成されている。第2のレンズ38はこの波長 λ_1 の光が出力される場所に設置されているので、波長 λ_1 の光のみがレンズ38で集光され第2の光入力部36より出力される。

【0021】図5の(b)は第2の光入力部36から光を入力した場合を示している。第2の光入力部36より入力された光は第2のレンズ38によりコリメートされる（60、70）。第2のレンズ38を通過した光は、第3の複屈折結晶板34を通過し、これにより2つの波長 λ_1 、 λ_2 の光はそれぞれ常光（61a、71a）、異常光（61b、71b）に分離される。第2の複屈折結晶板33において、光61a、71aは異常光として作用するため、位置が変化して出力される（62a、72a）。一方、光61b、71bは常光として作用し、そのまま出力される（62b、72b）。第2の複屈折結晶板33を通過した光はファラデー回転子32に入力される。ファラデー回転子32は光の入射方向によらず、磁場の方向によってのみ偏光回転方向が決まる。従って、波長 λ_1 の光は第1の光入力部35から入力された光と同じ方向に45度偏光が回転し（63a、63b）、波長 λ_2 の光は第1の光入力部35から入力された光と同じ方向に135度偏光が回転される（73a、73b）。ファラデー回転子32を通過した光は第1の複屈折結晶板31に入力される。第1の複屈折結晶板31において、光63aおよび73bは異常光として作用するため、位置が変えられて出力される（64a、74b）。一方、第1の複屈折結晶板31において光63b及び光73aは常光として作用し、そのままレンズ37側を通過する（64b、74a）。ここで、波長 λ_2 の光は合成され、第1のレンズ37に結合し、第1の光入力部35より出力される。

【0022】以上説明したように、第1の光入力部35から光を入力した場合には、波長 λ_1 の光が通過し、波長 λ_2 の光は通過できない。第2の光入力部36から入力した場合には、波長 λ_2 の光が通過し、波長 λ_1 の光は通過できない。

7

【0023】次に具体的数字を用いて説明する。ファラデー回転子は一般に $1\mu\text{m}$ 付近では波長の約2乗に比例することが知られている。そこで、ファラデー回転子の偏光回転角特性が次式で示されるとする。

$$\text{【0024】 } \rho = a \lambda^{-2.00099} \quad (1)$$

2つの波長 λ_1 、 λ_2 を 1550nm 、 1310nm とする。 1550nm で 45 度回転する場合、 1310nm では、 $45 \times (1310/1550)^{-2.00099} = 63$ 度偏光が回転する。従って、 1550nm で 225 度偏光が回転するようにすれば、 1310nm の光に対して偏光が 315 度回転する。従って、2つの波長の光がファラデー回転子を通過した場合の偏光回転角度差が 90 度になる。

【0025】第1の実施例の構成において考えれば、第1の光入力部から光を入力した場合、 1550nm の光は通過するが、 1310nm の光は通過しない。一方第2の光入力部から光を入力した場合については、 1310nm の光は通過するが、 1550nm の光は通過しない。

【0026】図6は本発明の第2の実施例を示している。ここで、81は第1の複屈折結晶板、82は第1のファラデー回転子、83は第2の複屈折結晶板、84は第2のファラデー回転子、85は第3の複屈折結晶板、86は第1の光入力部、87は第2の光入力部、88は第1のレンズ、89は第2のレンズ、90はケースである。

【0027】ここで、第1の複屈折結晶板81と第3の複屈折結晶板85の厚みは同じであり、第2の複屈折結晶板83の厚みは第1の複屈折結晶板81の厚みの $\sqrt{2}$ 倍である。また、第2の複屈折結晶板83の光学軸は第1の複屈折結晶板81の光学軸に対して、ファラデー回転子82、84による偏光回転方向と逆方向に 45 度（あるいは 135 度）回転しており、第3の複屈折結晶板85は第1の複屈折結晶板81の光学軸に対してファラデー回転子82、84による偏光回転方向に光学軸が 90 度（あるいは 270 度）回転している。その他の構

8

成は前記実施例と同様である。

【0028】この実施例においては、第2のファラデー回転子84の偏光回転動作が加わる外は、基本動作は第1の実施例と同じである。この実施例によれば2段構成になっているため、アイソレーション特性が向上する利点を有する。

【0029】

【発明の効果】以上説明した如く、請求項1によれば、2つの光が存在する場合に、順方向に対して、ある波長 λ_1 の光は透過し、もう1つの波長 λ_2 の光は透過しない。逆方向については、波長 λ_1 の光は透過しないが、波長 λ_2 の光は透過する。従って、二つの波長の光による双方向光通信システム構成を簡単にすることができる。また、請求項2によれば、第1及び第2のファラデー回転子により、2段構成となっているため、アイソレーション特性が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光アイソレータの第1の実施例を示す構成図。

【図2】従来の光アイソレータの一例を示す構成図。

【図3】図2の光アイソレータにおける光の伝搬の様子を示す説明図。

【図4】図2の光アイソレータにおける光の進路を示す説明図。

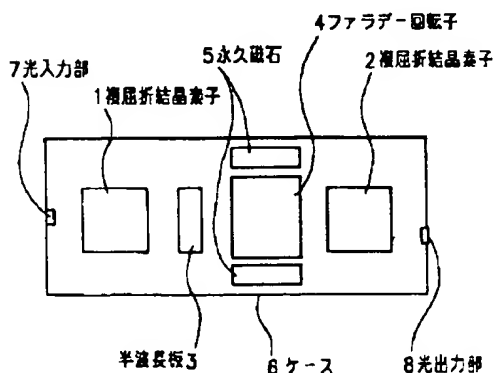
【図5】第1の実施例の基本動作説明図。

【図6】本発明の第2の実施例を示す構成図。

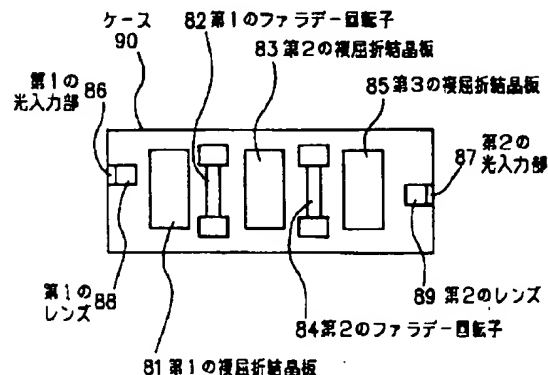
【符号の説明】

31…第1の複屈折結晶板、32…ファラデー回転子、33…第2の複屈折結晶板、34…第3の複屈折結晶板、35…第1の光入力部、36…第2の光入力部、37…第1のレンズ、38…第2のレンズ、81…第1の複屈折結晶板、82…第1のファラデー回転子、83…第2の複屈折結晶板、84…第2のファラデー回転子、85…第3の複屈折結晶板、86…第1の光入力部、87…第2の光入力部、88…第1のレンズ、89…第2のレンズ。

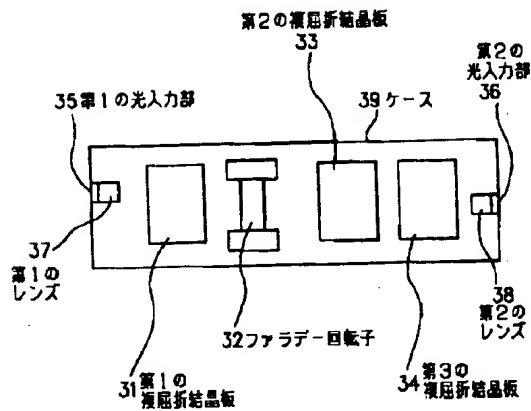
【図2】



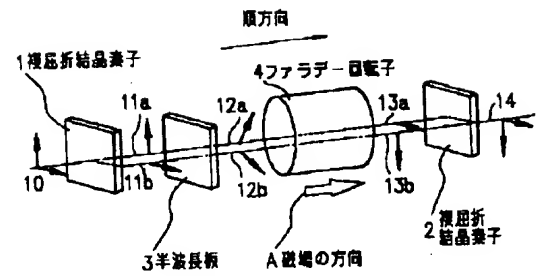
【図6】



【図1】

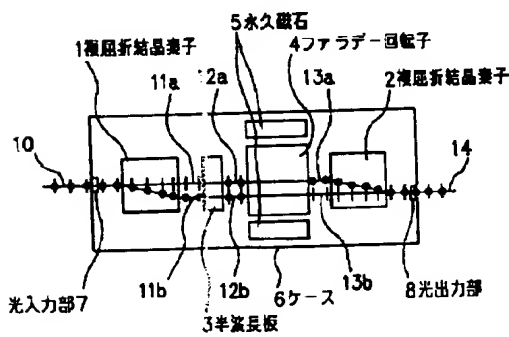


【図3】

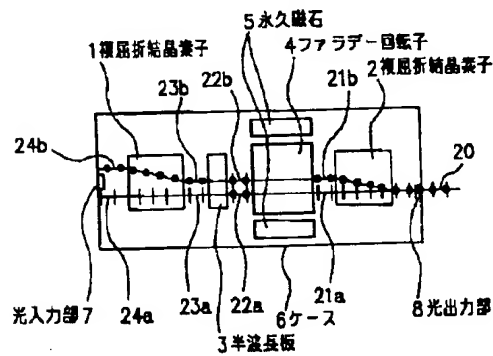


(a) 順方向入射の場合

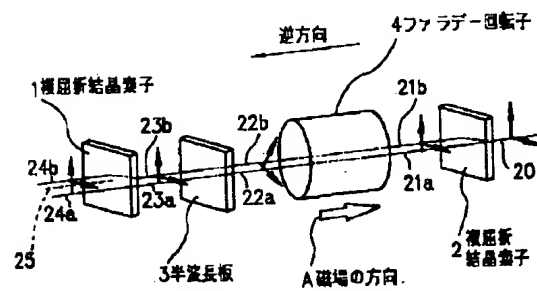
【図4】



(a) 順方向入射の場合



(b) 逆方向入射の場合



(b) 逆方向入射の場合

【図5】

